

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/018432

International filing date: 03 December 2004 (03.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-092975  
Filing date: 26 March 2004 (26.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 27 January 2005 (27.01.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

03.12.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 4 年   3 月 2 6 日  
Date of Application:

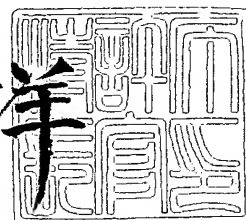
出 願 番 号            特 願 2 0 0 4 - 0 9 2 9 7 5  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 4 - 0 9 2 9 7 5 ]

出   願   人            株式会社豊田中央研究所  
Applicant(s):           トヨタ自動車株式会社

2 0 0 5 年   1 月 1 4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願  
【整理番号】 K04-061  
【提出日】 平成16年 3月26日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01L 29/78  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内  
    【氏名】 河路 佐智子  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内  
    【氏名】 杉山 隆英  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内  
    【氏名】 臼井 正則  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内  
    【氏名】 堀田 幸司  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000003609  
    【氏名又は名称】 株式会社豊田中央研究所  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000003207  
    【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 110000110  
    【氏名又は名称】 特許業務法人 快友国際特許事務所  
    【代表社員】 小玉 秀男  
    【電話番号】 052-588-3361  
【先の出願に基づく優先権主張】  
    【出願番号】 特願2003-427768  
    【出願日】 平成15年12月24日  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 172662  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0207894  
    【包括委任状番号】 0207541

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

一対の主電極と、  
一方の主電極と接続する第 1 導電型のボディコンタクト領域と、  
その一方の主電極と接続する第 2 導電型の第 2 導電型半導体領域と、  
そのボディコンタクト領域と第 2 導電型半導体領域の少なくとも一部と接する第 1 導電型のボディ領域と、  
そのボディ領域と接するとともに、ボディコンタクト領域と第 2 導電型半導体領域からボディ領域によって隔てられている第 2 導電型のドリフト領域と、  
前記第 2 導電型半導体領域とドリフト領域を隔てているボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向するゲート電極とを備えている半導体装置において、  
ボディ領域とドリフト領域の接合界面よりボディ領域側に第 2 導電型のフローティング半導体領域及び／又は絶縁層が形成されていることを特徴とする半導体装置。

**【請求項 2】**

第 2 導電型半導体領域の膜厚が、フローティング半導体領域及び／又は絶縁層の膜厚より小さいことを特徴とする請求項 1 の半導体装置。

**【請求項 3】**

前記フローティング半導体領域がゲート絶縁膜に接するとともに、ボディコンタクト領域とドリフト領域を接続するボディ領域が確保されていることを特徴とする請求項 2 の半導体装置。

**【請求項 4】**

第 2 導電型半導体領域とボディ領域の接合界面近傍に、ボディ領域の不純物濃度よりも不純物濃度が高い第 1 導電型半導体領域が形成されており、その第 1 導電型半導体領域の一部はボディコンタクト領域と接していることを特徴とする請求項 3 の半導体装置。

**【請求項 5】**

前記フローティング半導体領域及び／又は絶縁層が、ボディコンタクト領域と接することを特徴とする請求項 1 の半導体装置。

**【請求項 6】**

前記フローティング半導体領域がゲート絶縁膜に接するとともに、ボディコンタクト領域とドリフト領域を接続するボディ領域が確保されていることを特徴とする請求項 2 の半導体装置。

**【請求項 7】**

第 2 導電型半導体領域とボディ領域の接合界面近傍に、ボディ領域の不純物濃度よりも不純物濃度が高い第 1 導電型半導体領域が形成されており、その第 1 導電型半導体領域の一部はボディコンタクト領域に接していることを特徴とする請求項 1 の半導体装置。

**【請求項 8】**

一対の主電極と、  
一方の主電極と接続する第 1 導電型のボディコンタクト領域と、  
その一方の主電極と接続する第 2 導電型の第 2 導電型半導体領域と、  
そのボディコンタクト領域と第 2 導電型半導体領域の少なくとも一部と接する第 1 導電型のボディ領域と、  
そのボディ領域と接するとともに、ボディコンタクト領域と第 2 導電型半導体領域からボディ領域によって隔てられている第 2 導電型のドリフト領域と、  
前記第 2 導電型半導体領域とドリフト領域を隔てているボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向するゲート電極とを備えている半導体装置において、  
ボディコンタクト領域とボディ領域の接合界面近傍に第 2 導電型の第 1 フローティング半導体領域が形成されており、ボディ領域とドリフト領域の接合界面近傍に第 2 導電型の第 2 フローティング半導体領域が形成されていることを特徴とする半導体装置。

**【請求項 9】**

一対の主電極と、

一方の主電極と接続する第1導電型のボディコンタクト領域と、  
その一方の主電極と接続する第2導電型の第2導電型半導体領域と、  
そのボディコンタクト領域と第2導電型半導体領域の少なくとも一部と接する第1導電型のボディ領域と、

そのボディ領域と接するとともに、ボディコンタクト領域と第2導電型半導体領域からボディ領域によって隔てられている第2導電型のドリフト領域と、

前記第2導電型半導体領域とドリフト領域を隔てているボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向するゲート電極とを備えている半導体装置において、

ボディコンタクト領域とボディ領域の接合界面近傍に第2導電型の第1フローティング半導体領域が形成されており、ボディ領域とドリフト領域の接合界面近傍に、その不純物濃度がドリフト領域の不純物濃度よりも高い第2導電型の高濃度半導体領域が形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項10】

前記第1フローティング半導体領域の少なくとも一部と、第2フローティング半導体領域又は高濃度半導体領域の少なくとも一部が、少数キャリアの経路に位置していることを特徴とする請求項8または9の半導体装置。

【請求項11】

第1導電型のボディ領域内に複数個の第2導電型のフローティング半導体領域が分散配置されていることを特徴とする請求項8～10のいずれかの半導体装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】半導体装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、一対の主電極と、その一対の主電極間を流れる電流のオン・オフを制御するゲート電極を備えた半導体装置に関し、とくにその半導体装置のオン電圧あるいはオン抵抗の低減化に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の一例として、バイポーラトランジスタの表面部にMOS構造を備えたIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) が知られている。この種の半導体装置は、一対の主電極と、その一対の主電極間を流れる電流のオン・オフを制御するゲート電極を備えている。ゲート電極にオン電圧が印加されると、一方の主電極からは半導体領域に電子キャリアが注入され、他方の主電極からは半導体領域に正孔キャリアが注入される。これにより半導体領域に伝導度変調が起こり、低いオン電圧を実現する。

【0003】

特許文献1には、この種の半導体装置において、低いオン電圧を実現する技術が記載されている。

【特許文献1】特開平8-316479号公報（その公報の図3参照）

【0004】

特許文献1に記載されている半導体装置を図17に模式的に示す（以下、本明細書ではこの構成を従来構造と称する）。図17に示す半導体装置15は、一対の主電極（この場合はエミッタ電極とコレクタ電極）間を流れる電流のオン・オフを制御するトレンチゲート電極332を備えている。

半導体装置15は、エミッタ電極Eと接続する $p^+$ 型のボディコンタクト領域334と、そのエミッタ電極Eと接続する $n^+$ 型のエミッタ領域336と、そのボディコンタクト領域334とエミッタ領域336を囲繞する $p^-$ 型のボディ領域328と、そのボディ領域328と接する $n^-$ 型のドリフト領域326とを備えている。ボディ領域328とドリフト領域326の間には、 $n^+$ 型の半導体領域340が設けられている。エミッタ領域336を貫いてトレンチが形成され、そのトレンチにトレンチゲート電極332が埋め込まれている。トレンチゲート電極332は、ゲート絶縁膜333を介してエミッタ領域336とドリフト領域326を隔てているボディ領域328に対向している。

ドリフト領域326と接する $n^+$ 型のバッファ領域324と、そのバッファ領域324に接する $p^+$ 型のコレクタ領域322とを備え、そのコレクタ領域322はコレクタ電極Cに接続されている。

【0005】

半導体装置15のオン状態の動作を説明する。エミッタ電極Eを接地し、コレクタ電極Cとトレンチゲート電極332に正電圧を印加すると、ボディ領域328のうちトレンチゲート電極332と対向する箇所が $n$ 型に反転される。電子キャリアがエミッタ領域336からその $n$ 型に反転した箇所を経由しドリフト領域326へ注入され、そしてバッファ領域324内に蓄積する。電子キャリアがバッファ領域324に蓄積すると、バッファ領域324とコレクタ領域322の接触電位差が低下し、コレクタ領域322からバッファ領域324とドリフト領域326へ正孔キャリアが注入される。これによりバッファ領域324及びドリフト領域326に伝導度変調が起こり、低いオン電圧を実現する。

コレクタ領域322から注入された正孔キャリアは、電子キャリアと再結合して消滅するか、ボディ領域328とボディコンタクト領域334を経由してエミッタ電極Eへと排出される。

半導体装置15は、ドリフト領域326の上部にそのドリフト領域326よりも不純物濃度が高濃度の半導体領域340が形成されている。したがって、エミッタ電極Eへと排出される正孔キャリアが、この半導体領域340とドリフト領域326の界面に形成され

るポテンシャル障壁によってドリフト領域 326 内に溜まり易くなる (図 17 参照)。これにより、エミッタ・コレクタ電極間の正孔キャリア濃度が大きくなりオン電圧が低減される。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献 1 の半導体装置 15 において、半導体領域 340 を抜けてボディ領域 328 に流入した少数キャリアは、すぐにボディコンタクト領域 334 を経由してエミッタ電極 E へと排出されており、ボディ領域 328 内の少数キャリア濃度は小さいままであった。

本発明の目的は、ボディ領域内の少数キャリア濃度を高めることで、オン電圧の低減化を図ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の半導体装置は、一対の主電極と、一方の主電極と接続する第 1 導電型のボディコンタクト領域と、その一方の主電極と接続する第 2 導電型の第 2 導電型半導体領域と、そのボディコンタクト領域と第 2 導電型半導体領域の少なくとも一部と接する第 1 導電型のボディ領域と、そのボディ領域と接するとともに、ボディコンタクト領域と第 2 導電型半導体領域からボディ領域によって隔てられている第 2 導電型のドリフト領域と、前記第 2 導電型半導体領域とドリフト領域を隔てているボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向するゲート電極とを備えている。

本発明の一つの半導体装置は、ボディ領域とドリフト領域の接合界面よりボディ領域側に第 2 導電型のフローティング半導体領域及び／又は絶縁層が形成されていることを特徴としている。フローティング半導体領域は、ドリフト領域と離反して形成されており、フローティング状態である。フローティング半導体領域又は絶縁層が複数個形成されていてもよく、また半導体装置内に同時に形成されていてもよい。

このフローティング半導体領域及び／又は絶縁層の形成位置は、ボディ領域内であってもよく、ボディコンタクト領域に直接接触していてもよく、あるいはボディコンタクト領域内に形成されていてもよい。要は、ボディ領域とドリフト領域の接合界面よりもボディ領域側に形成されていればよい。

なお、本発明は MOSFET、IGBT、サイリスタ等に適用することができ、MOSFET であれば一対の主電極はドレイン・ソース電極であり、第 2 導電型半導体領域がソース領域となる。IGBT やサイリスタであれば一対の主電極はエミッタ・コレクタ電極であり、第 2 導電型半導体領域がエミッタ領域となる。

【0008】

従来構造では、ボディ領域内の少数キャリア濃度は、そのボディ領域内に亘って小さいという問題があった。上記の半導体装置によると、ボディ領域とドリフト領域の接合界面よりもボディ領域側に第 2 導電型のフローティング半導体領域が形成されているために、そのフローティング半導体領域によって少数キャリアはボディ領域内に溜められる。したがって、ボディ領域内の少数キャリア濃度が高くなり、ひいては一対の主電極間の少数キャリア濃度が高くなる。このためオン電圧の低減を実現できる。

【0009】

第 2 導電型半導体領域の膜厚が、フローティング半導体領域又は絶縁層の膜厚よりも小さいことが好ましい。

フローティング半導体領域及び／又は絶縁層を形成することで、オン電圧は低減される。オン電圧が低減されると、その飽和電流値が上昇し、半導体装置が破壊され易くなるという問題が生じ得る。

本発明者らは、上記の問題に関してその原因を探究したところ、飽和電流値の上昇はその半導体装置の直列抵抗に起因しており、なかでも第 2 導電型半導体領域の特性に大きく影響されることを突き止めた。即ち、第 2 導電型半導体領域の多数キャリアの供給能力が

大きいと、ボディ領域内の少数キャリアの蓄積に追隨して第2導電型半導体領域から多量の多数キャリアが注入され、ひいては飽和電流値が上昇し半導体装置が破壊に至るのである。したがって、第2導電型半導体領域の多数キャリアの供給能力を適度に抑えることで、半導体装置の破壊を抑制できることを突き止めた。典型的には、第2半導体領域の不純物濃度を小さくしたり、あるいはその膜厚や幅などを小さくし体積自体を小さくするなどの方法で実現できる。また、この第2導電型半導体領域の多数キャリアの供給能力は、フローティング半導体領域又は絶縁層における少数キャリアの蓄積能力に相関して設定されるのが好ましい。上述したように、ボディ領域内で少数キャリアの蓄積量が増加する場合に半導体装置の破壊が問題となり易いためである。したがって、本発明ではその一例として、第2導電型半導体領域の膜厚がフローティング半導体領域又は絶縁層の膜厚よりも小さいことが好ましいとしたのである。この場合、オン電圧の低減化とともに半導体装置の破壊が抑制される。なお、この例に限らず、エミッタ領域の不純物濃度や体積などを調整することで、同様の作用効果を得ることができる。

#### 【0010】

フローティング半導体領域がゲート絶縁膜に接するとともに、ボディコンタクト領域とドリフト領域を接続するボディ領域が確保されているのが好ましい。

フローティング半導体領域がゲート絶縁膜に接して形成されていると、蓄積される少数キャリアに伴うフローティング半導体領域直下のボディ領域の電位上昇に追隨して、フローティング半導体領域の電位も上昇する。この電位の上昇により、フローティング半導体領域からボディ領域とドリフト領域に向けて多数キャリアが供給され、いわゆるサイリスタ動作がオンされる。これにより、このフローティング半導体領域は少数キャリアの蓄積によるオン電圧の低減化とともに、サイリスタ動作によるオン電圧の低減化をも実現する。さらに、本発明では、ボディコンタクト領域とドリフト領域を接続するボディ領域が確保されている。即ち、フローティング半導体領域が、ボディコンタクト領域とドリフト領域との間を隔てるようにボディ領域の全領域に亘って形成されているのではなく、少なくともその一部はボディ領域を介してボディコンタクト領域とドリフト領域を結んでいるのである。これにより、フローティング半導体領域によって蓄積される少数キャリアが、その経路を経由してボディコンタクト領域へと確実に排出される。したがって、半導体装置が安定的にターンオフすることができる。

#### 【0011】

第2導電型半導体領域とボディ領域の接合界面近傍に、ボディ領域の不純物濃度よりも不純物濃度が高い第1導電型半導体領域が形成されており、その第1半導体領域の一部はボディコンタクト領域と接するのが好ましい。第1導電型半導体領域は、第2導電型半導体領域の内部に形成されていても構わない。

この第1導電型半導体領域を形成することで、少数キャリアが第2導電型半導体領域を経由して排出されるのを抑制することができる。即ちラッチアップ現象が抑制される。したがって、トレードオフの関係が改善されボディ領域の不純物濃度を小さくすることができる。ボディ領域の不純物濃度を小さくすることができるので、ボディ領域内の少数キャリア濃度が高まり、ひいてはオン電圧が低減される。

また、フローティング半導体領域及び／又は絶縁層が形成され少数キャリアの蓄積能力が高まると、ラッチアップ現象の発生がとくに問題となり易いが、この種の半導体装置に対して上記の第1導電型半導体領域を備えることでラッチアップ現象が回避される。したがって、フローティング半導体領域及び／又は絶縁層が形成された半導体装置では、第1半導体領域を形成するのがとくに好適である。

#### 【0012】

フローティング半導体領域及び／又は絶縁層がボディコンタクト領域と接するのが好ましい。典型的には、ボディコンタクト領域とボディ領域の接合界面や、ボディコンタクト領域の内部に形成されているのが好ましい。

上記の位置関係に形成されるフローティング半導体領域及び／又は絶縁層は、少数キャリアの蓄積効果が大きく有効である。ボディ領域内の少数キャリア濃度が高まり、ひいて



はオン電圧が低減化される。

【0013】

本発明の他の一つの半導体装置は、ボディコンタクト領域とボディ領域の接合界面近傍に第2導電型の第1フローティング半導体領域が形成されており、ボディ領域とドリフト領域の接合界面近傍に第2導電型の第2フローティング半導体領域が形成されていることを特徴としている。第2フローティング半導体領域は、ドリフト領域と離反して形成されており、フローティング状態である。

【0014】

ドリフト領域からボディ領域そしてボディコンタクト領域を亘ってエミッタ電極へ排出される少数キャリア濃度は、ドリフト領域とボディ領域のpn接合界面で最も小さくなり易い。上記の半導体装置の場合、第2フローティング半導体領域によって、少数キャリアは上記のpn接合界面近傍に溜められ、さらに第1フローティング半導体領域によってボディ領域内にも溜められる。

上記の半導体装置によると、ボディ領域とドリフト領域のpn接合界面と、ボディ領域内の少数キャリアの濃度を同時に高くすることができる。これによりボディ領域内の広い範囲に亘って少数キャリア濃度が高くなり、ひいては一对の主電極間の少数キャリア濃度が高くなる。このためオン電圧の低減を実現できる。

【0015】

本発明の他の一つの半導体装置は、ボディコンタクト領域とボディ領域の接合界面近傍に第2導電型の第1フローティング半導体領域が形成されており、ボディ領域とドリフト領域の接合界面近傍に、その不純物濃度がドリフト領域の不純物濃度よりも高い第2導電型の高濃度半導体領域が形成されていることを特徴としている。

高濃度半導体領域は、ボディ領域とドリフト領域の接合界面近傍であり、ボディ領域と接していても、あるいは離反していてもよい。

高濃度半導体領域の不純物濃度がドリフト領域の不純物濃度よりも高ければ、ドリフト領域からボディ領域そしてボディコンタクト領域を亘ってエミッタ電極へ排出される少数キャリアは、高濃度半導体領域によってドリフト領域とボディ領域のpn接合界面近傍に溜められる。さらに、第2導電型の半導体領域を抜けてエミッタ電極へと排出される少数キャリアは、第1フローティング半導体領域によってボディ領域内に溜められる。したがって、一对の主電極間の少数キャリア濃度が高くなる。このためオン電圧の低減を実現できる。

【0016】

第1フローティング半導体領域の少なくとも一部と、第2フローティング半導体領域又は高濃度半導体領域の少なくとも一部が、少数キャリアの経路に位置していることが好ましい。

ドリフト領域からボディ領域そしてボディコンタクト領域を亘ってエミッタ電極へ排出される少数キャリアの経路に対して、上記の各構成要素が位置していると、その少数キャリアを溜める効果を有効に活用することができる。

【0017】

第1導電型のボディ領域内に複数個の第2導電型のフローティング半導体領域が分散配置されていることが好ましい。

フローティング半導体領域の形状はとくに限定されるものでない。また、その形成位置もとくに限定されず、例えば一对の電極間方向にフローティング半導体領域とボディ領域が交互に複数形成されていたり、また一对の電極間方向に直交する面内で部分的に配置されていてもよく、要はボディ領域内において空間的に分散配置されていればよい。

第1フローティング半導体領域と、第2フローティング半導体領域のみの場合に比して、ボディ領域の全領域に亘って少数キャリア濃度をさらに高くすることができる。オン電圧がさらに低減される。

【発明の効果】

【0018】

本発明に係る半導体装置によれば、ボディ領域内において少数キャリアを蓄積することができる。少数キャリア濃度が高くなりオン電圧が低減される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

最初に実施例の主要な特徴を列記する。

(第1実施形態) 一対の主電極と、その一対の主電極間を流れる電流のオン・オフを制御するゲート電極を備えており、一方の主電極(例えばエミッタ電極)と接続する第1導電型(例えばp型)のボディコンタクト領域と、その主電極と接続する第2導電型(例えばn型)のエミッタ領域と、そのボディコンタクト領域とエミッタ領域の少なくとも一部と接する第1導電型のボディ領域と、そのボディ領域と接するとともに、ボディコンタクト領域及びエミッタ領域からはボディ領域によって隔てられている第2導電型のドリフト領域と、そのドリフト領域と接するとともに、ボディ領域からはそのドリフト領域によって隔てられ、他方の主電極(例えばコレクタ電極)と接続する第1導電型のコレクタ領域と、前記エミッタ領域とドリフト領域を隔てるボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向するゲート電極とを備えているIGBT構造の半導体装置において、ボディコンタクト領域とボディ領域の接合界面近傍に第2導電型の第1フローティング半導体領域が形成されており、ボディ領域とドリフト領域の接合界面近傍に第2導電型の半導体領域が形成されていることを特徴とする半導体装置。

(第2実施形態) 一対の主電極と、その一対の主電極間を流れる電流のオン・オフを制御するゲート電極を備えており、一方の主電極(例えばソース電極)と接続する第1導電型(例えばp型)のボディコンタクト領域と、その主電極と接続する第2導電型(例えばn型)のソース領域と、そのボディコンタクト領域とソース領域の少なくとも一部と接する第1導電型のボディ領域と、そのボディ領域と接するとともに、ボディコンタクト領域及びソース領域からはボディ領域によって隔てられている第2導電型のドリフト領域と、そのドリフト領域と接するとともに、ボディ領域からはそのドリフト領域によって隔てられ、他方の主電極(例えばドレイン電極)と接続する第2導電型のドレイン領域と、前記ソース領域とドリフト領域を隔てるボディ領域にゲート絶縁膜を介して対向するゲート電極とを備えているMOS型の半導体装置において、ボディコンタクト領域とボディ領域の接合界面近傍に第2導電型の第1フローティング半導体領域が形成されており、ボディ領域とドリフト領域の接合界面近傍に第2導電型の半導体領域が形成されていることを特徴とする半導体装置。

(第3実施形態) 第1実施形態または第2実施形態の第2導電型の半導体領域がフローティング状態である。

(第4実施形態) 第1実施形態または第2実施形態の第2導電型の半導体領域の不純物濃度が、ドリフト領域の不純物濃度よりも高い。

【実施例】

【0020】

(第1実施例) 図1に、第1実施例の半導体装置1の要部断面図を示す。半導体装置1はエミッタ・コレクタ電極間を流れる電流のオン・オフを制御するトレンチゲート電極32を備えた半導体装置である。

この半導体装置1は、エミッタ電極Eと接続する $p^+$ 型の不純物を含有するボディコンタクト領域34と $n^+$ 型の不純物を含有するエミッタ領域36を備える。そのボディコンタクト領域34とエミッタ領域36を囲繞する $p^-$ 型の不純物を含有するボディ領域28を備える。そのボディ領域28の下方に接する $n^-$ 型の不純物を含有するドリフト領域26を備えており、そのドリフト領域26は、ボディコンタクト領域34とエミッタ領域36からボディ領域28によって隔てられている。

エミッタ領域36とボディ領域28を貫通してドリフト領域26に達するトレンチが形成されている。そのトレンチにはポリシリコンが埋設され、トレンチゲート電極32が形成されている。トレンチゲート電極32は、ゲート絶縁膜33を介してボディ領域28に対向している。

ドリフト領域 26 の下方に接して  $n^+$  型の不純物を含有するバッファ領域 24 が形成され、そのバッファ領域 24 の下方には  $p^+$  型の不純物を含有するコレクタ領域 22 が形成されている。このコレクタ領域 22 にはアルミニウム等からなるコレクタ電極 C が接続されている。

ボディ領域 28 内に、 $n$  型の不純物を含有するフローティング半導体領域 40 が形成されており、フローティング半導体領域 40 はボディコンタクト領域 34 に接している。

各半導体領域の不純物濃度は、コレクタ領域 22 が  $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  の範囲であり、バッファ領域 24 が  $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  の範囲であり、ドリフト領域 26 が  $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  の範囲であり、ボディ領域 28 が  $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  の範囲であり、ボディコンタクト領域 34 が  $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  の範囲であり、エミッタ領域 36 が  $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  の範囲で形成されるのが好ましい。そして、フローティング半導体領域 40 の不純物濃度はとくに限定するものではないが、 $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  の範囲であるのが好ましい。この範囲内であると、少数キャリアをよく蓄積することができる。

#### 【0021】

次に半導体装置 1 がオン状態のときの動作を説明する。

エミッタ電極 E を接地し、コレクタ電極 C とトレンチゲート電極 32 に正電圧を印加すると、ボディ領域 28 のうちトレンチゲート電極 32 と対向する箇所が  $n$  型に反転される。電子キャリアがエミッタ領域 34 からその  $n$  型に反転した箇所をトレンチゲート電極 32 に沿って通過し、ドリフト領域 26 へと注入される。ドリフト領域 26 に注入された電子キャリアは、そのドリフト領域 26 内をコレクタ電極 C 側へ向かって流れ、電子キャリアはバッファ領域 24 内に蓄積する。電子キャリアがバッファ領域 24 に蓄積すると、バッファ領域 24 とコレクタ領域 22 の接触電位差が低下し、コレクタ領域 22 からバッファ領域 24 とドリフト領域 26 へ正孔キャリアが注入される。これによりバッファ領域 24 及びドリフト領域 26 に伝導度変調が起こり、低いオン電圧を実現する。

#### 【0022】

コレクタ領域 22 から注入された正孔キャリアは、電子キャリアと再結合して消滅するか、ボディ領域 28 とボディコンタクト領域 34 を亘ってエミッタ電極 E へと排出される。本実施例ではこの正孔キャリアの排出路に介在する位置関係にフローティング半導体領域 40 が形成されている。

このフローティング半導体領域 40 とボディ領域 28 の接合界面にポテンシャル障壁が形成され、そのためこのフローティング半導体領域 40 を経由してボディコンタクト領域 34 へと流れようとする正孔キャリアの流動が妨げられる。とくに、本実施例のフローティング半導体領域 40 は、ボディコンタクト領域 34 に接する位置関係に形成されており、少数キャリアの流動を妨げる効果が大い。その結果、ボディ領域 28 内に正孔キャリアが蓄積されることになり、ひいてはオン電圧が低減される。

#### 【0023】

(第 2 実施例) 図 2 に第 2 実施例の半導体装置 2 の要部断面図を示す。なお、図 1 の半導体装置 1 と略同一の構成に関しては、同一の番号を付してその説明を省略する。

図示 42 は、フローティング半導体領域である。このフローティング半導体領域 42 は、ドリフト領域 26 とボディコンタクト領域 34 を結ぶ正孔キャリアの排出路に介在する位置関係に形成されている。そのため正孔キャリアの蓄積効果を有する。

本実施例の特徴は、エミッタ領域 35 の膜厚 ( $L_1$ ) が、フローティング半導体領域 42 の膜厚 ( $L_2$ ) よりも小さいことである。フローティング半導体領域 42 による正孔キャリアの蓄積に伴って、エミッタ領域 35 から電子キャリアが供給され、半導体装置 2 のオン電圧は低減される。しかしながら、このエミッタ領域 35 の電子キャリアの供給能力が大きすぎると、飽和電流値が増加して半導体装置の破壊が生じ易くなる。このエミッタ領域 35 の電子キャリアの供給能力はその領域に含有される不純物量と関係している。したがって、エミッタ領域 35 の不純物濃度を小さくしたり、体積を小さくしたり、あるいはエミッタ領域 35 を分散配置させるなどの対処を施すことで、電子キャリアの供給能力を小さくすることができる。エミッタ領域 35 の電子キャリアの供給能力を小さくすることで

、半導体装置の破壊を抑制できる。また、この電子キャリアの供給能力は、正孔キャリアの蓄積能力との関係で設定されるのが好ましく、例えば、正孔キャリアの蓄積能力が大きい場合ほど、電子キャリアの供給能力を下げ半導体装置 2 が破壊されるのを抑制するのが好適である。

本実施例では、フローティング半導体領域 4 2 の膜厚(L 2)に着目し、このフローティング半導体領域 4 2 の膜厚(L 2)に比して、エミッタ領域 3 5 の膜厚(L 1)を小さく設定することで正孔キャリアの蓄積能力と電子キャリアの供給能力をバランスさせている。この関係で形成されていると、オン電圧が低減されるとともに、半導体装置 2 が破壊されるのを抑制することができる。

なお、上記で説明したように、要は正孔キャリアの蓄積効果と電子キャリアの供給能力をバランスさせる設定をすればよく、例えば、エミッタ領域 3 5 の体積や、不純物濃度や、幅などで両者をバランスさせる設定を規定してもよい。同様の作用効果を得ることができる。

#### 【0024】

(第 3 実施例) 図 3 に第 3 実施例の半導体装置 3 の要部断面図を示す。

図示 4 5 は、フローティング半導体領域である。このフローティング半導体領域 4 5 は、ドリフト領域 2 6 とボディコンタクト領域 3 4 を結ぶ正孔キャリアの排出路に介在する位置関係に形成されている。そのため正孔キャリアの蓄積効果を有する。

図示 4 7 もフローティング半導体領域であり、正孔キャリアの蓄積効果を有する。さらに、このフローティング半導体領域 4 7 はゲート絶縁膜 3 3 に接して形成されている点に特徴がある。このため、このフローティング半導体領域 4 7 はサイリスタ動作を実現するのである。この半導体装置 3 がオンすると、フローティング半導体領域 4 7 の直下のボディ領域 2 8 に正孔キャリアが蓄積され、それに追従してフローティング半導体領域 4 7 の電位が持ち上がる。すると、エミッタ領域 3 6 からゲート絶縁膜 3 3 に沿って供給される電子キャリアは、フローティング半導体領域 4 7 を利用して面的に広がってボディ領域 2 8 とドリフト領域 2 6 に向けて注入される。このため、このフローティング半導体領域 4 7 は、正孔キャリアの蓄積とともにサイリスタ動作を実現する。したがって、オン電圧が極めて低減される。

なお、従来から高濃度のフローティング領域をボディ領域内に形成してサイリスタ動作を実現する技術は知られている。しかしながら、この種の半導体装置のフローティング半導体領域はサイリスタ動作の実現のみを目的としており、そのためその不純物濃度が高かった。したがって、過剰のキャリアが蓄積してしまい、ターンオフができなくなるという事態が発生していた。一方、本実施例のフローティング半導体領域 4 7 は、正孔キャリアを蓄積させるとともに、その蓄積に伴って上昇する電位を利用してサイリスタ動作を実現している。したがって、このフローティング半導体領域 4 7 の不純物濃度は、従来に比して低い濃度で十分である。なお、サイリスタ動作が生じ易いように、フローティング半導体領域 4 7 とドリフト領域 2 6 との距離(L 3)は短い方が好ましい。

また、このフローティング半導体領域 4 7 の他の特徴は、ボディコンタクト領域 3 4 とドリフト領域 2 6 の間の全領域に亘って介在していないことである。換言すると、フローティング半導体領域 4 7 は、ゲート絶縁膜 3 3 との接触面以外がボディ領域 2 8 と接しているのである。即ち、ボディコンタクト領域 3 4 とドリフト領域 2 6 との間をボディ領域 2 8 で結ぶ正孔キャリア排出路 4 7 a が形成されている。このため、ボディ領域 2 8 に蓄積された正孔キャリアは、この排出路 4 7 a を経由してボディコンタクト領域 3 4 に確実に排出される。ターンオフ動作が不安定となる事態を回避することができる。

#### 【0025】

図 4 に第 3 実施例の変形例の半導体装置 4 の要部断面図を示す。この変形例は、ゲート電極 4 3 2 がプレーナ型の一例である。

図示 4 4 7 が、正孔キャリアの蓄積とともに、サイリスタ動作を実現するフローティング半導体領域である。この場合も、フローティング半導体領域 4 4 7 は、ゲート絶縁膜 4 3 3 に接するとともに、正孔キャリア排出路 4 4 7 a を確保しているので、オン電圧の低

減と安定な動作を実現する。

#### 【0026】

(第4実施例) 図5に第4実施例の半導体装置5の要部断面図を示す。

本実施例の特徴は、エミッタ領域36とボディ領域52の間に介在してp型のラッチアップ防止領域52が形成されている点である。このラッチアップ防止領域52の不純物濃度はボディ領域28よりも高く、さらにこのラッチアップ防止領域52の一部はボディコンタクト領域34と接している。

このラッチアップ防止領域52を介在させることで、ボディ領域28内に蓄積する正孔キャリアがエミッタ領域36へ排出されるのを防止することができる。正孔キャリアは、ラッチアップ防止領域52とボディコンタクト領域34の接触面を経由してボディコンタクト領域34に排出される。このラッチアップ防止領域52を備えることでオン電圧を低減することができるが、それは次のように説明できる。このラッチアップ防止領域52が形成されていない場合を例にすると、ボディ領域28の不純物濃度を下げてボディ領域28の少数キャリア濃度を上げようとしたならば、その蓄積された少数キャリアがエミッタ領域へと流動してラッチアップが生じ、半導体装置が破壊される事態が発生してしまう。したがって、ラッチアップ現象とオン電圧の低減化はトレードオフの関係と言える。

そこで本実施例のラッチアップ防止領域52を形成することで、このトレードオフの関係を打破することができる。即ち、ラッチアップ現象が抑制されるために、ボディ領域28の不純物濃度を小さくすることができる。そのため、ボディ領域28の正孔キャリア濃度を上げることができる。ひいては、オン電圧が低減されるのである。

#### 【0027】

(第5実施例) 図6に第5実施例の半導体装置6の要部断面図を示す。

図示54がラッチアップを防止するラッチアップ防止領域であるとともに、エミッタ電極Eと直接接続している。したがって、正孔キャリアはこのラッチアップ防止領域54を経由してエミッタ電極Eへと排出される。このラッチアップ防止領域54はエミッタ領域36を囲繞して形成されている。

ラッチアップ防止領域54を囲繞してn型の半導体領域が形成されている。このn型の半導体領域48は正孔キャリアの蓄積効果を有している。このため、この半導体装置6のオン電圧は低減される。

本実施例では、p<sup>-</sup>型のボディ領域28が、n型の半導体領域48とn<sup>-</sup>型のドリフト領域に挟まれているために、この半導体装置6がオフしたときにその両層から空乏層が素早く広がる。そのため、早いスイッチング速度を実現することができる。

#### 【0028】

(第6実施例) 図7に第6実施例の半導体装置7の要部断面図を示す。本実施例では、正孔キャリアの蓄積に、絶縁層62とフローティング半導体領域49を同時に利用している。

絶縁層62はドリフト領域26からボディコンタクト領域34へと排出される正孔キャリアの排出路に介在されるように、ボディコンタクト領域34の直下に形成されている。したがって、正孔キャリアの蓄積効果が極めて大きい。

そして、ゲート電極33側にはフローティング半導体領域49が形成されている。このフローティング半導体領域49の不純物濃度は比較的小さく、キャリアの蓄積効果はそれほど大きくない。しかしながら、ゲート電極33に沿った位置に形成されているために、電子キャリアに対する抵抗を小さくすることができる。また、この半導体装置7をオフしたときは、このフローティング半導体領域49を経由してボディ領域28に蓄積された正孔キャリアを排出することができる。ターンオフを安定的に動作させることができる。

本実施例の特徴は、絶縁層62とフローティング半導体領域49を同時に利用することで、正孔キャリアの蓄積と、電子キャリアに対する抵抗と、ターンオフ時の正孔キャリアの排出とをバランスよく具備する半導体装置を実現することができる。所望の特性を備えた半導体装置を実現し易い。

#### 【0029】

(第7実施例) 図8に、第7実施例の半導体装置8の要部断面図を示す。本実施例では、正孔キャリアを蓄積させる半導体領域を多層に形成することで、ボディ領域28内の正孔キャリア濃度をさらに増加させた一例である。

まず、ドリフト領域26上にそのドリフト領域26よりも不純物が高濃度な $n^+$ 型の高濃度半導体領域40aが形成されている。さらに、ボディコンタクト領域34とボディ領域28のpn接合界面の近傍には $n^+$ 型の第1フローティング半導体領域40bが形成されている。

半導体領域の不純物濃度は、高濃度半導体領域40aが $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ の範囲であり、第1フローティング半導体領域が $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で形成されるのが好ましい。

#### 【0030】

図9には半導体装置8の要部斜視図が示されている。

高濃度半導体領域40a及び第1フローティング半導体領域40bがエミッタ領域34の下方に部分的に形成されており、第1フローティング半導体領域40bの下方のボディ領域28がボディコンタクト領域36と接触しフローティング状態になっていない(紙面奥側で接続している)。この場合、半導体装置1がターンオフしたとき、ボディ領域28内の正孔キャリアを素早く外部へ排出することができるために、スイッチング速度が速くなり好適である。

この構成に代えて、第1フローティング半導体領域40bの下方のボディ領域28が、チップ全体に亘ってフローティング状態になっていてもよい。この場合、チップ内部に溜められた正孔キャリアは、フローティング状態のボディ領域28から第1フローティング半導体領域40bを通過して表面に形成されているボディコンタクト領域34へ流れこむ。即ち、第1フローティング半導体領域40bと高濃度半導体領域40aの両層から、ボディ領域28へ空乏層が伸びて、ボディ領域28が素早く空乏化することからスイッチング速度が速くなり好適である。

なお、半導体装置8のように、高濃度半導体領域40a及び第1フローティング半導体領域40bが、エミッタ領域34近傍のボディコンタクト領域36の下方に形成されているのが好ましい。エミッタ電極Eへと排出される正孔キャリアは、エミッタ領域34から注入される電子キャリアに引き寄せられ、エミッタ領域34近傍のボディコンタクト領域36からエミッタ電極Eへと排出される。つまり正孔キャリアの経路に高濃度半導体領域40a及び第1フローティング半導体領域40bが位置している。したがって、上記の箇所に半導体領域40a及び第1フローティング半導体領域40bが形成されていると効果的に正孔キャリアを溜めることができる。

なお、第1フローティング半導体領域40bは、ボディ領域28内部に形成されていてもよい。ボディ領域28の内部に形成されることで、フローティング電位がより形成され易くなり、電界がかかりにくくなり高耐圧化を実現できる。

#### 【0031】

次に半導体装置8がオン状態のときの動作を説明する。

エミッタ電極Eを接地し、コレクタ電極Cとトレンチゲート電極32に正電圧を印加すると、ボディ領域28のうちトレンチゲート電極32と対向する箇所がn型に反転される。電子キャリアがエミッタ領域34からそのn型に反転した箇所をトレンチゲート電極32に沿って通過し、ドリフト領域26へと注入される。ドリフト領域26に注入された電子キャリアは、そのドリフト領域26内をコレクタ電極C側へ向かって流れ、電子キャリアはバッファ領域24内に蓄積する。電子キャリアがバッファ領域24に蓄積すると、バッファ領域24とコレクタ領域22の接触電位差が低下し、コレクタ領域22からバッファ領域24とドリフト領域26へ正孔キャリアが注入される。これによりバッファ領域24及びドリフト領域26に伝導度変調が起こり、低いオン電圧を実現する。

#### 【0032】

コレクタ領域22から注入された正孔キャリアは、電子キャリアと再結合して消滅するか、ボディ領域28とボディコンタクト領域34を亘ってエミッタ電極Eへと排出される



。図 8 には、エミッタ電極 E へと排出される正孔キャリアが模式的に示されている。

まず、正孔キャリアは高濃度半導体領域 40a とドリフト領域 26 の接合界面に形成されるポテンシャル障壁によって、この接合界面近傍のドリフト領域 26 内に溜められる。この高濃度半導体領域 40a とドリフト領域 26 の接合界面のポテンシャル障壁を超えてボディ領域 28 に流入した正孔キャリアは、さらに第 1 フローティング半導体領域 40b とボディ領域 28 の接合界面に形成されるポテンシャル障壁によって、この接合界面近傍のボディ領域 28 内に溜められる。この第 1 フローティング半導体領域 40b とボディ領域 28 の接合界面のポテンシャル障壁を超えた正孔キャリアはエミッタ電極へと排出される。

#### 【0033】

図 8 のボディコンタクト領域 34 から第 1 フローティング半導体領域 40b、ボディ領域 28、高濃度半導体領域 40a、ドリフト領域 26、バッファ領域 24、そしてコレクタ領域 22 までの図 10 中 X-X 線に対応したエミッタ・コレクタ電極間の正孔キャリア濃度が図 10 に示されている。

図 10 の図面上端がエミッタ電極 E であり、図面下端がコレクタ電極 C であり、図面左端には対応する各領域の番号が示されている。横軸が正孔キャリア濃度であり、右側ほど正孔キャリア濃度が高い。

なお、図 10 の図示 12 が第 7 実施例の半導体装置 8 のエミッタ・コレクタ電極間の正孔キャリア濃度であり、図示 11 が従来構造（高濃度半導体領域 40a のみが形成されている場合に相当する）の正孔キャリア濃度であり、図示 10 が第 1 フローティング半導体領域 40b や、高濃度半導体領域 40a が形成されていない場合の正孔キャリア濃度である。

#### 【0034】

まず、図示 10 の第 1 フローティング半導体領域 40b や、高濃度半導体領域 40a が形成されていない場合を見てみると、ボディ領域 28 とドリフト領域 26 の p-n 接合界面で正孔キャリア濃度が最も減少し、ボディ領域 28 内の正孔キャリア濃度が低い状態で連続していることが分かる。また、ドリフト領域 26 内の正孔キャリア濃度もコレクタ領域 22 側からエミッタ領域 36 側に向かって低くなっていることが分かる。

従来構造の図示 11 の場合では、ボディ領域 28 とドリフト領域 26 の接合界面に高濃度半導体領域（40a に相当する）が形成されているために、この接合界面の正孔キャリア濃度が図示 10 に比して高くなっている。しかしながら、ボディ領域 28 内の正孔キャリア濃度は低い状態で連続していることが分かる。このことから、従来構造では、ボディ領域 28 とドリフト領域 26 の接合界面に形成された高濃度半導体領域（40a に相当する）によるポテンシャル障壁を超えてボディ領域 28 内に流入した正孔キャリアは、すぐにエミッタ電極へと排出されてしまう。また、従来構造の場合でも、ドリフト領域 26 内の正孔キャリア濃度はコレクタ領域 22 側からエミッタ領域 36 側へ向かって低くなっている。

一方、図示 12 の第 7 実施例の半導体装置 8 の場合を見てみると、ボディ領域 28 内の正孔キャリア濃度が高い状態で連続していることが分かる。また、ドリフト領域 26 内において、コレクタ領域 C 側からエミッタ領域 E 側へ向かって減少する正孔キャリア濃度の減少幅が、従来構造に比して緩和されている。したがって、エミッタ・コレクタ電極間に亘って正孔キャリア濃度が高くなっている。このことから、従来構造などに比して半導体装置 8 のオン電圧は低減されている。

#### 【0035】

第 7 実施例の半導体装置 8 をターンオフすると、高濃度半導体領域 40a と第 1 フローティング半導体領域 40b のそれぞれからボディ領域 28 へ空乏層が広がる。高濃度半導体領域 40a のみを備える半導体装置（従来構造に相当する）と比較すると、ボディ領域 28 内の広い領域を空乏化することができる。したがって、従来構造に比して耐圧を向上し得る。また、従来構造では、正孔キャリアの蓄積効果をさらに向上しようと、高濃度半導体領域 40a に相当する領域の不純物濃度を増加させると、その領域とボディ領域の p

n 接合界面で電界を保持できなくなり、耐圧特性が劣化してしまうという問題があった。第 1 実施例の半導体装置 1 では、不純物濃度を高くする必要がない。したがって電界が集中することがない。

また、このターンオフのときの空乏化に伴い、正孔キャリアは短い時間でエミッタ電極へ排出される。従来構造に比してターンオフ時間が短くなりスイッチング速度が速くなる。

#### 【0036】

以下、第 7 実施例の半導体装置 8 を基本構造とした変形例を、図面を参照して説明する。

(第 8 実施例) 図 11 に示す第 8 実施例の半導体装置 9 は、第 7 実施例の半導体装置 8 と比して、高濃度半導体領域 40a と第 1 フローティング半導体領域 40b のみならず、ボディ領域 28 内にさらに第 3 フローティング半導体領域 40c が付加されている。

第 3 フローティング半導体領域 40c が付加されると、さらにボディ領域 28 内の正孔キャリア濃度を高くすることができ、オン電圧がさらに低減される。また、第 3 フローティング半導体領域 40c は、半導体装置 9 がターンオフするときのボディ領域 28 の空乏化にも効果があり、耐圧の向上やターンオフ時間の短縮に効果を奏する。

#### 【0037】

(第 9 実施例) 図 12 に示す第 9 実施例の半導体装置 10 は、高濃度半導体領域 41a と各フローティング半導体領域 (41b、41c) がトレンチゲート電極 32 と接していない。

この場合でも、ボディ領域 28 内の正孔キャリア濃度を高くする効果を奏する。少なくともボディコンタクト領域 34 とボディ領域 28 の接合界面近傍 (41b) と、ボディ領域 28 とドリフト領域 26 の接合界面近傍 (41a) に、部分的に半導体領域が形成されていればよい。第 3 フローティング半導体領域 41c はボディ領域 28 内において、空間的に分散配置されていればよい。

#### 【0038】

(第 10 実施例) 図 13 に示す第 10 実施例の半導体装置 11 は、ドリフト領域 26 に所謂スーパージャンクション構造が形成された場合である。このスーパージャンクション構造は、n 型不純物を含有する n 型コラム 25 と、p 型不純物を含有する p 型コラムがエミッタ・コレクタ電極間方向に伸びており、エミッタ・コレクタ電極間方向に直交する面内で、n 型コラム 25 と p 型コラムの互層が交互に繰返されている。半導体装置 4 の n 型コラム 25 と p 型コラム 23 は薄板状であり、エミッタ・コレクタ電極間方向に直交する面で断面視したときにストライプ状に形成されている。

半導体装置 11 は、半導体装置 8 ~ 10 と同様の作用効果によりボディ領域 28 内の正孔キャリア濃度が高くなり、オン電圧が低減されることに加え、スーパージャンクション構造によりドリフト領域 26 のオン抵抗の低減化と耐圧の向上を図ることができる。

なお、スーパージャンクション構造は、n 型コラム 25 と p 型コラム 23 がエミッタ・コレクタ電極間方向に伸びており、エミッタ・コレクタ電極間方向に直交する面内で、n 型コラム 25 と p 型コラムの互層が交互に繰返されていればよい。例えば n 型コラム 25 と p 型部分領域のそれぞれが薄板状であれば、n 型部分領域と p 型部分領域は一方方向に繰返される。n 型コラム 25 と p 型コラム 23 のそれぞれの断面が長方形の柱状であれば、各柱を千鳥格子状に配置することで各コラムが 2 方向に繰返されるスーパージャンクション構造が得られる。n 型コラム 25 と p 型コラム 23 のそれぞれの断面が正六角形の柱状であれば、交互に隙間なく配置することで各コラムが 3 方向に繰返されるスーパージャンクション構造が得られる。あるいは、面的に広がる n 型コラム 25 のなかに、断面が長方形の柱状の p 型コラム 23 を相互に間隔をおいて 2 方向に繰返し配置したり、断面が正六角形の p 型コラム 23 を相互に間隔をおいて 3 方向に繰返し配置したりすることによっても、n 型コラム 25 と p 型コラム 23 が電極間方向に直交する面内で交互に繰返されているスーパージャンクション構造が得られる。要は少なくとも一方方向に繰返されていればよい。



## 【0039】

(第11実施例) 図14に示す第11実施例の半導体装置12は、スーパージャンクション構造を有する第10実施例の変形例の一つであり、ドリフト領域26内において $p^-$ 型の $p$ 型フローティング領域27が空間的に分散配置されている。

ドリフト領域26のスーパージャンクション構造は、第10実施例のように、エミッタ・コレクタ電極間方向に直交する面内で $n$ 型コラム25と $p$ 型コラム26が交互に繰返される他に、第11実施例のように $p$ 型フローティング領域27が空間的に分散配置されていてもよい。

## 【0040】

(第12実施例) 図15に示す第12実施例の半導体装置13は、ドリフト領域が備えられていない構成である。半導体領域の全領域がボディ領域128に相当する。このボディ領域128内に、エミッタ・コレクタ電極間を遮るように複数のフローティング半導体領域143が形成されている。エミッタ電極E側からコレクタ電極C側までトレンチゲート電極132が形成されている。

この半導体装置13のオン状態では、トレンチゲート電極132に沿って形成される反転層を経由して、エミッタ領域136から電子キャリアがバッファ領域124へ注入される。一方、コレクタ領域122から注入された正孔キャリアは、ボディ領域128を経由してエミッタ電極へと向かうが、各フローティング半導体領域143の正孔キャリアの蓄積効果によって、ボディ領域128内の正孔キャリア濃度は高くなる。したがってオン電圧は低い。

また、この半導体装置13がターンオフすると、各フローティング半導体領域143とボディ領域128の $p-n$ 接合界面から空乏層が広がるために、ボディ領域128の広い範囲が空乏化される。耐圧は高い。また、この空乏化によってボディ領域128に蓄積していた正孔キャリアは素早くエミッタ電極へと排出されるためにターンオフ時間は短い。

## 【0041】

(第13実施例) 図16に示す第13実施例の半導体装置14は、ゲート電極232がプレーナー型である。この場合でも少なくともボディコンタクト領域234とボディ領域228の接合界面近傍(244b)と、ボディ領域228とドリフト領域226の接合界面近傍(244a)に、部分的に半導体領域が形成されていると、ボディ領域228内の正孔キャリア濃度を高くすることができ、オン電圧が低減される。

## 【0042】

以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。

例えば、トレンチゲート電極がドリフト領域の下方深くまで形成されたディープトレンチタイプであってもよい。

また、以上の各実施例ではIGBT半導体素子について記述しているが、他の素子(サイリスタ、バイポーラトランジスタ、パワーMOS)等にも同様の効果を得ることができると。

また、本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成し得るものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0043】

【図1】 第1実施例の半導体装置1の要部断面図を示す。

【図2】 第2実施例の半導体装置2の要部断面図を示す。

【図3】 第3実施例の半導体装置3の要部断面図を示す。

【図4】 第3実施例の変形例の半導体装置4の要部断面図を示す。

【図5】 第4実施例の半導体装置5の要部断面図を示す。

- 【図 6】 第 5 実施例の半導体装置 6 の要部断面図を示す。  
【図 7】 第 6 実施例の半導体装置 7 の要部断面図を示す。  
【図 8】 第 7 実施例の半導体装置 8 の要部断面図を示す。  
【図 9】 第 7 実施例の半導体装置 8 の要部斜視図を示す。  
【図 1 0】 エミッタ・コレクタ電極間の正孔キャリア濃度分布を示す。  
【図 1 1】 第 8 実施例の半導体装置 9 の要部断面図を示す。  
【図 1 2】 第 9 実施例の半導体装置 1 0 の要部断面図を示す。  
【図 1 3】 第 1 0 実施例の半導体装置 1 1 の要部断面図を示す。  
【図 1 4】 第 1 1 実施例の半導体装置 1 2 の要部断面図を示す。  
【図 1 5】 第 1 2 実施例の半導体装置 1 3 の要部断面図を示す。  
【図 1 6】 第 1 3 実施例の半導体装置 1 4 の要部断面図を示す。  
【図 1 7】 従来構造の半導体装置 1 5 の要部断面図を示す。

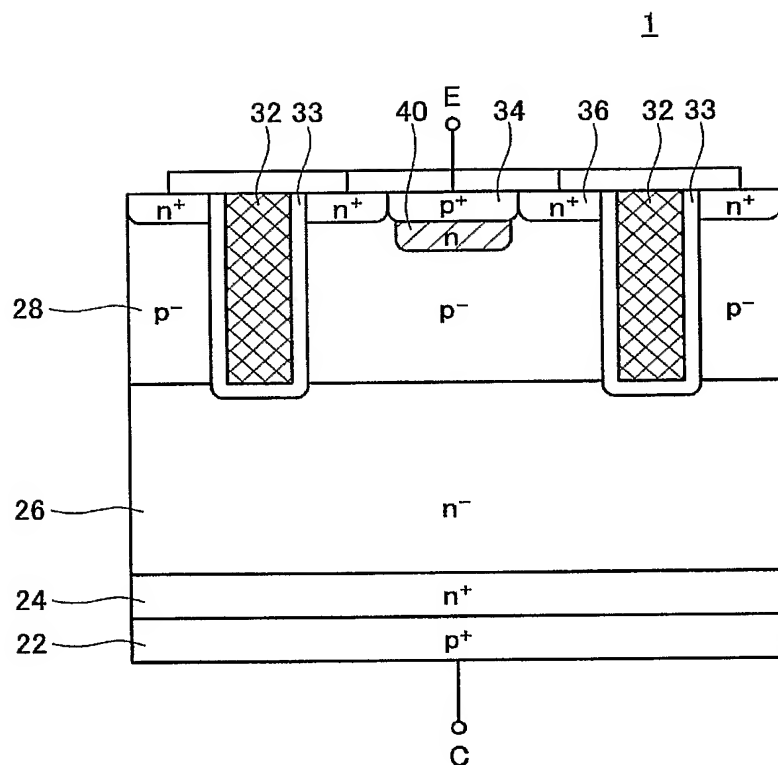
【符号の説明】

【 0 0 4 4 】

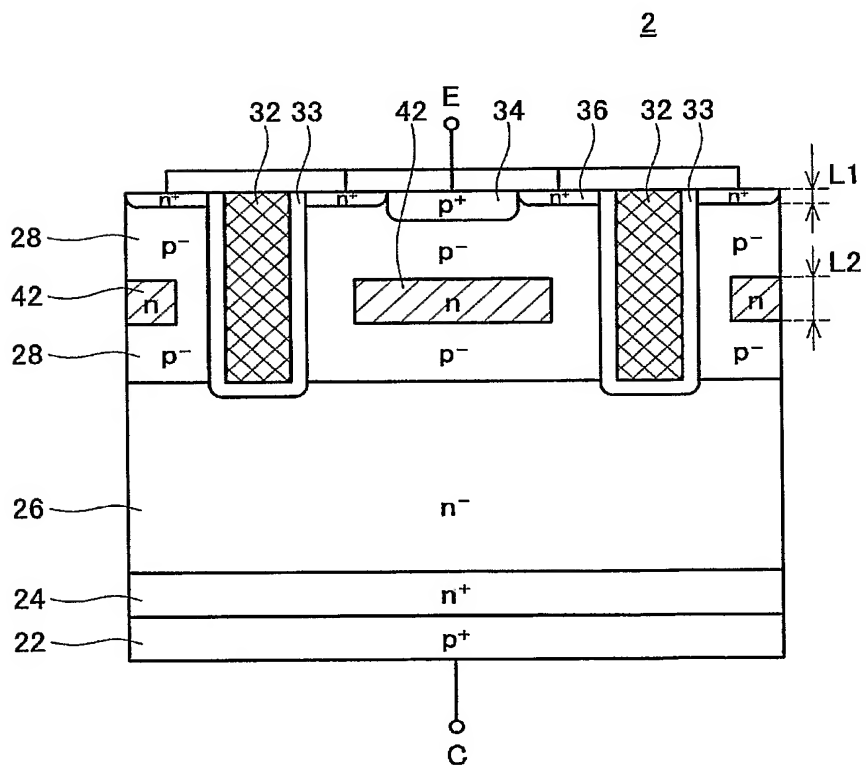
- 2 2 : コレクタ領域  
2 4 : バッファ領域  
2 6 : ドリフト領域  
2 8 : ボディ領域  
3 2 : トレンチゲート電極  
3 3 : ゲート絶縁膜  
3 4 : ボディコンタクト領域  
3 6 : エミッタ領域 (第 2 導電型半導体領域)  
4 0 : フローティング半導体領域  
4 0 a : 高濃度半導体領域  
4 0 b : 第 1 フローティング半導体領域  
4 0 c : 第 3 フローティング半導体領域

【書類名】 図面

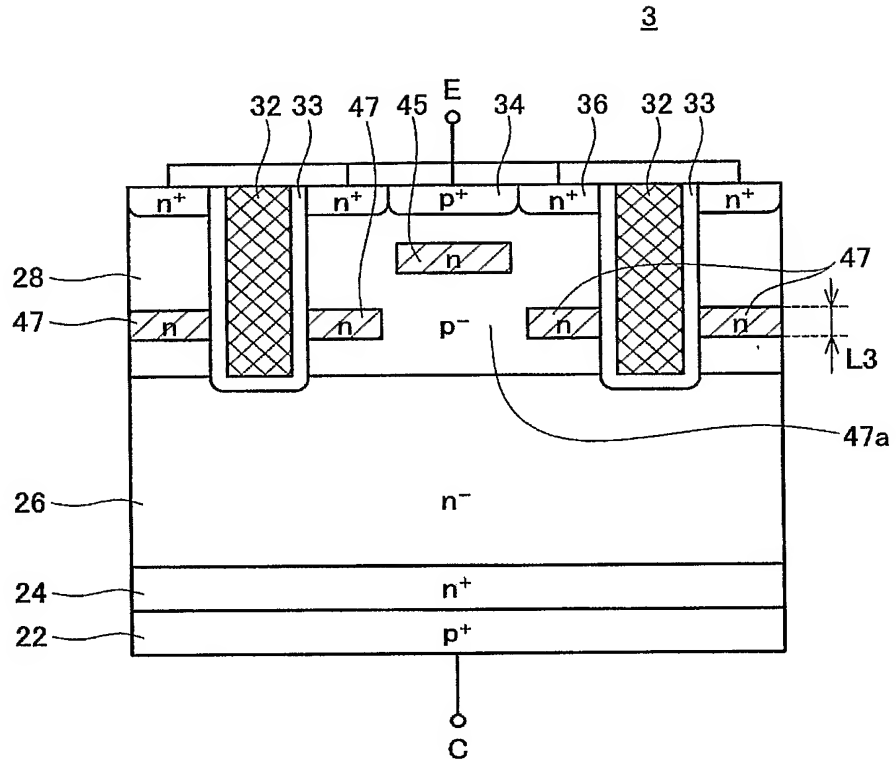
【図 1】



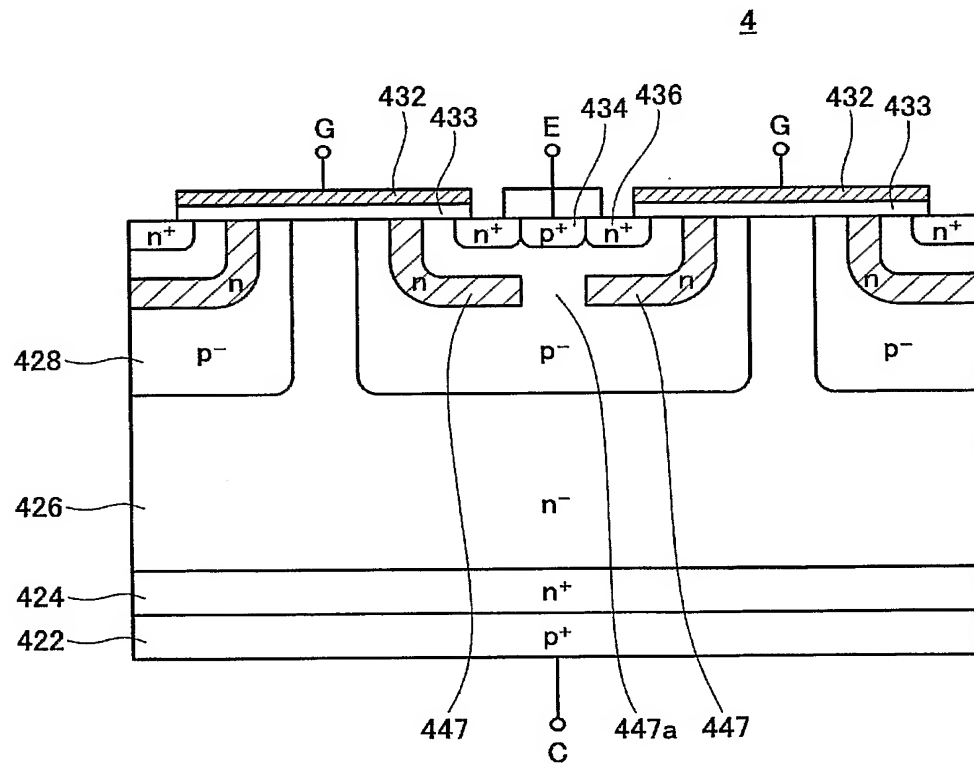
【図 2】



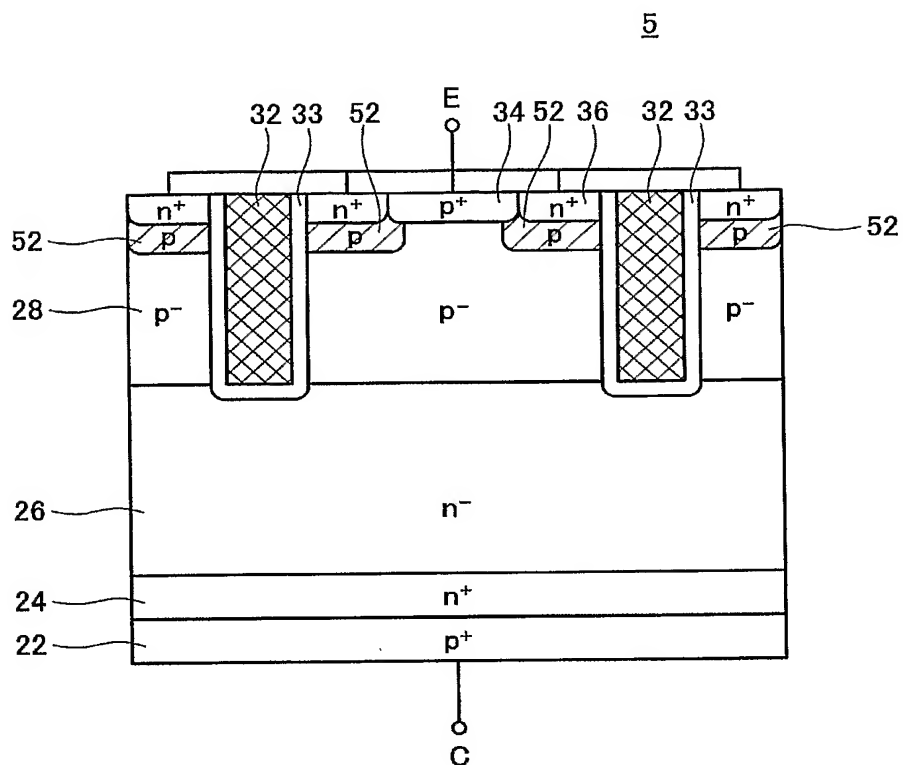
【図 3】



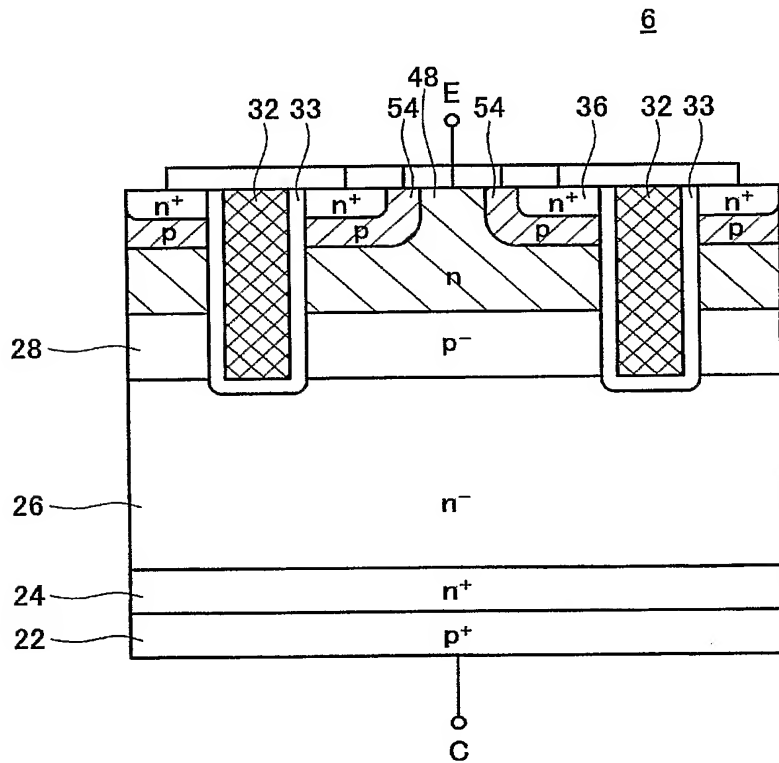
【図 4】



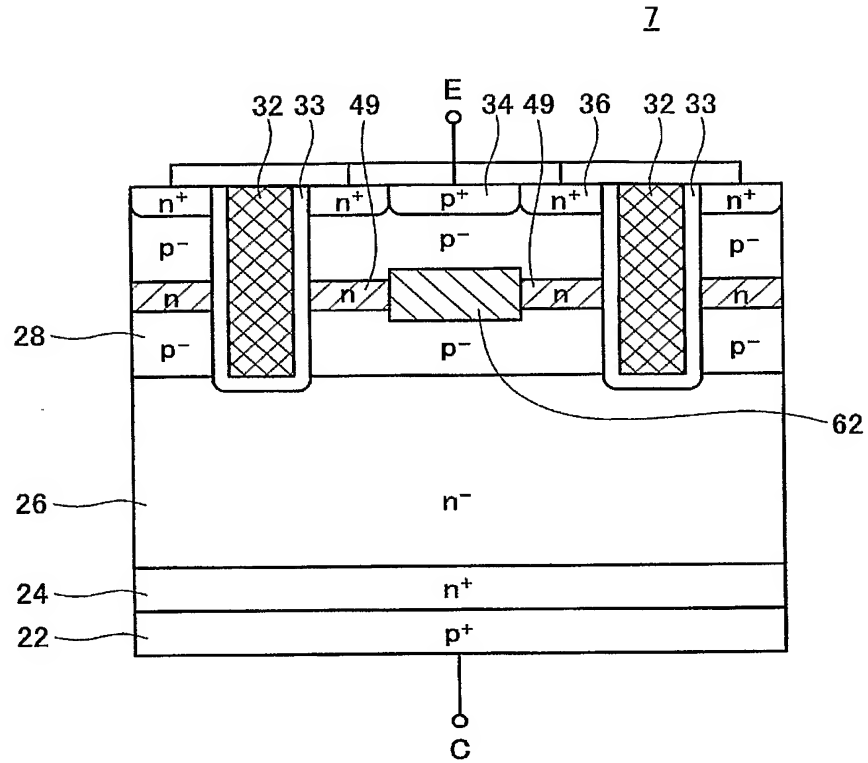
【図 5】



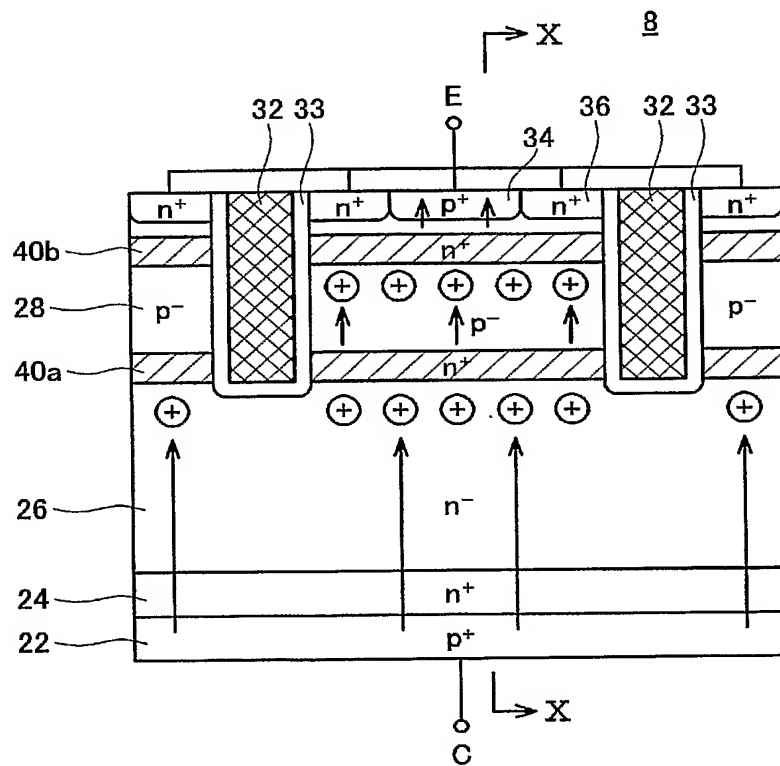
【図 6】



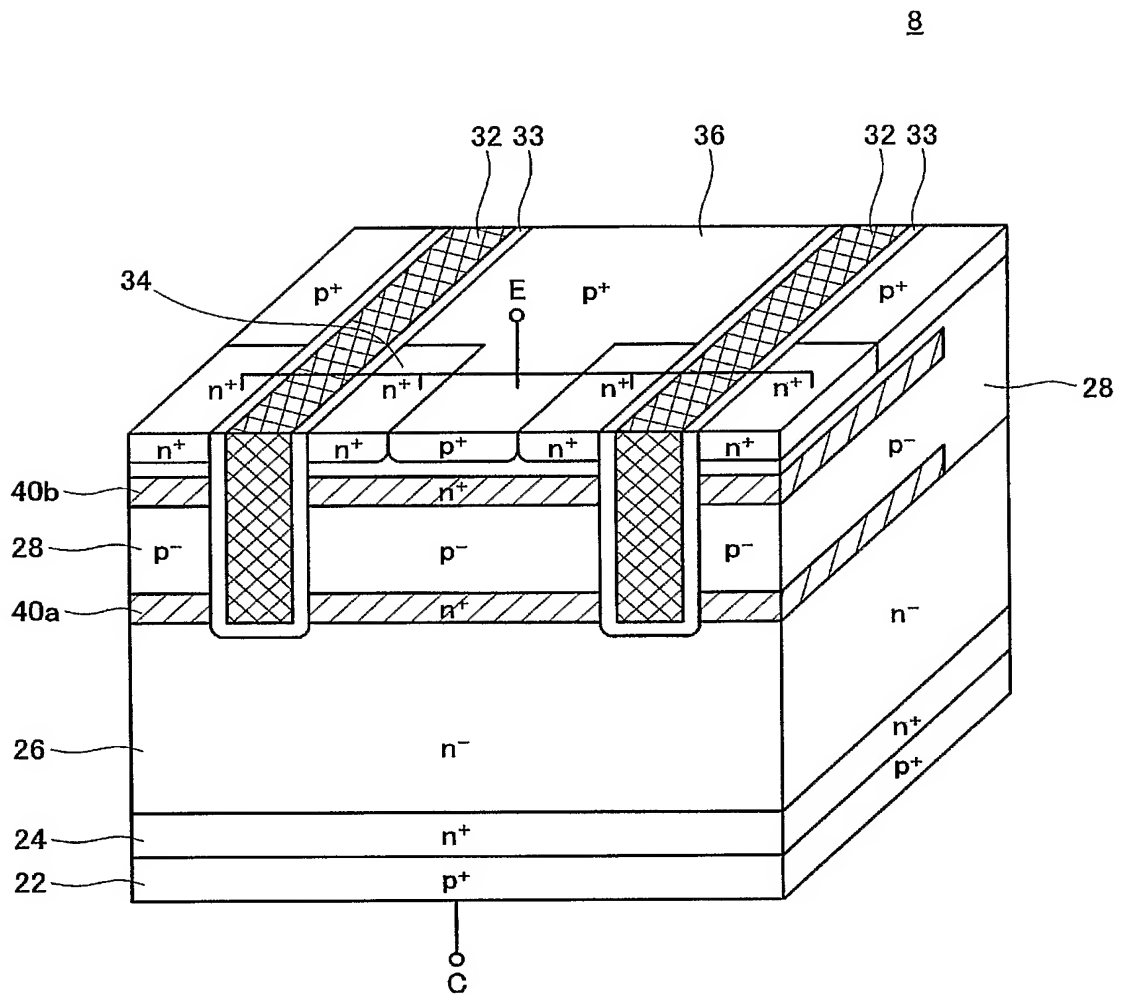
【図 7】



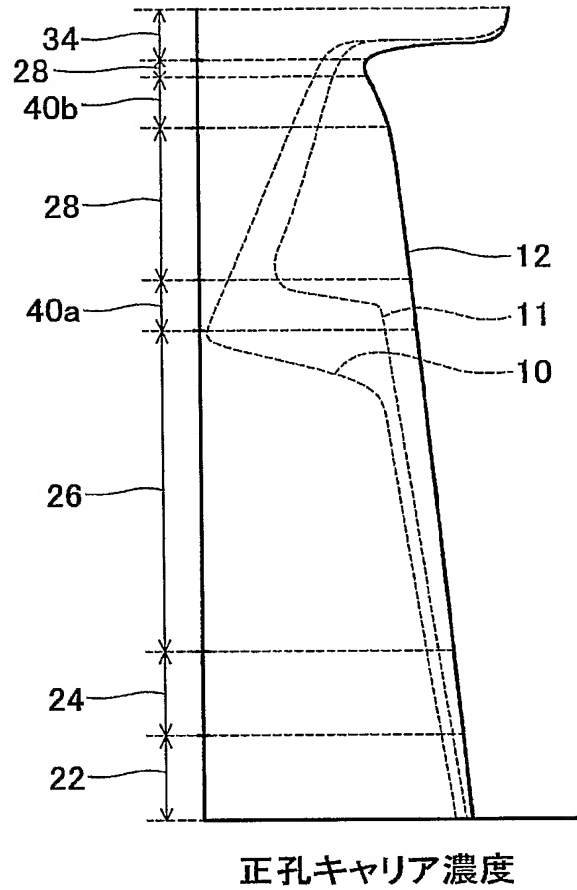
【図 8】



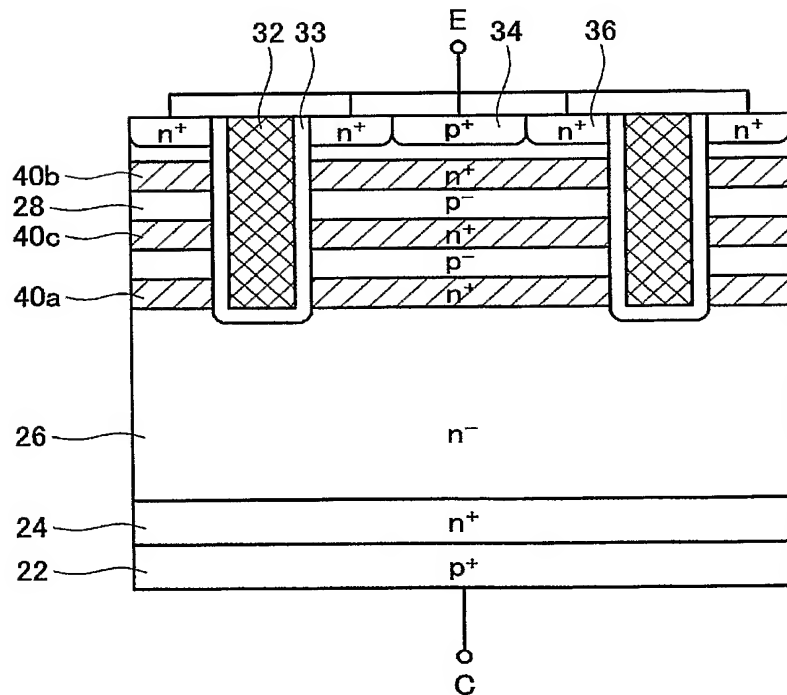
【图 9】



【図 10】

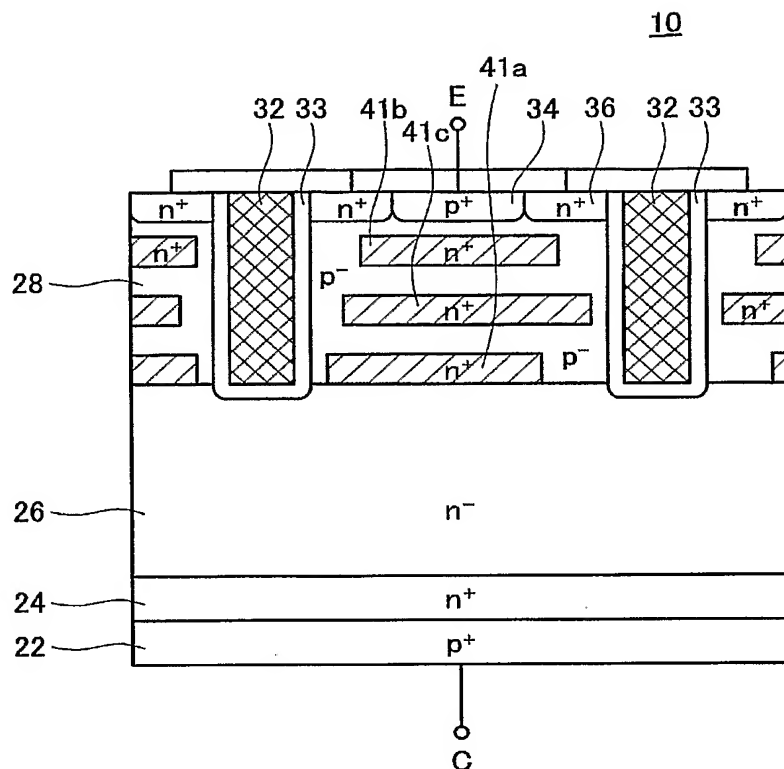


【図 11】

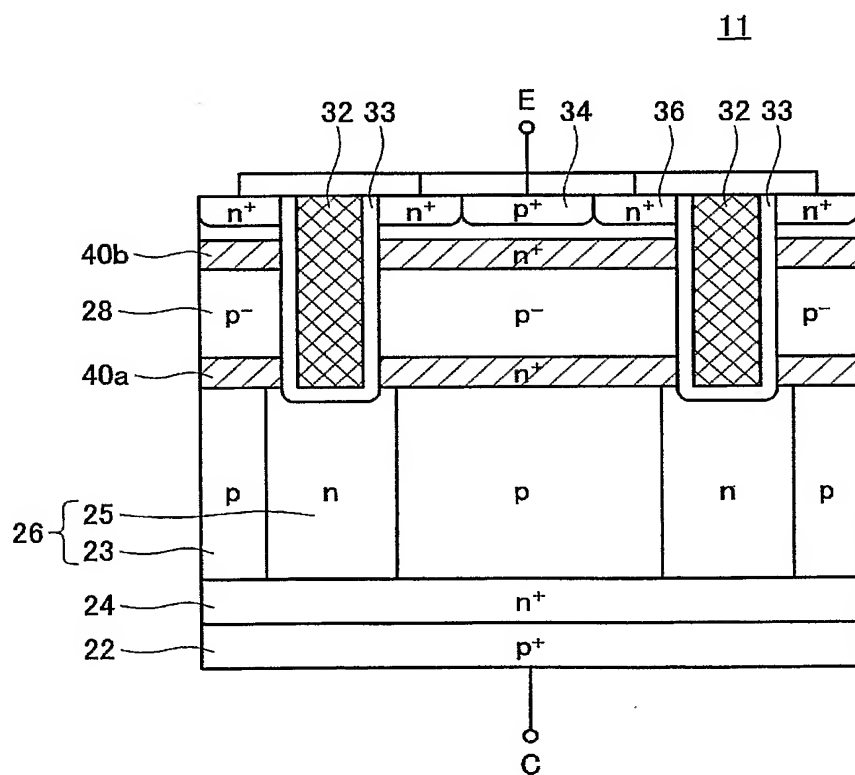




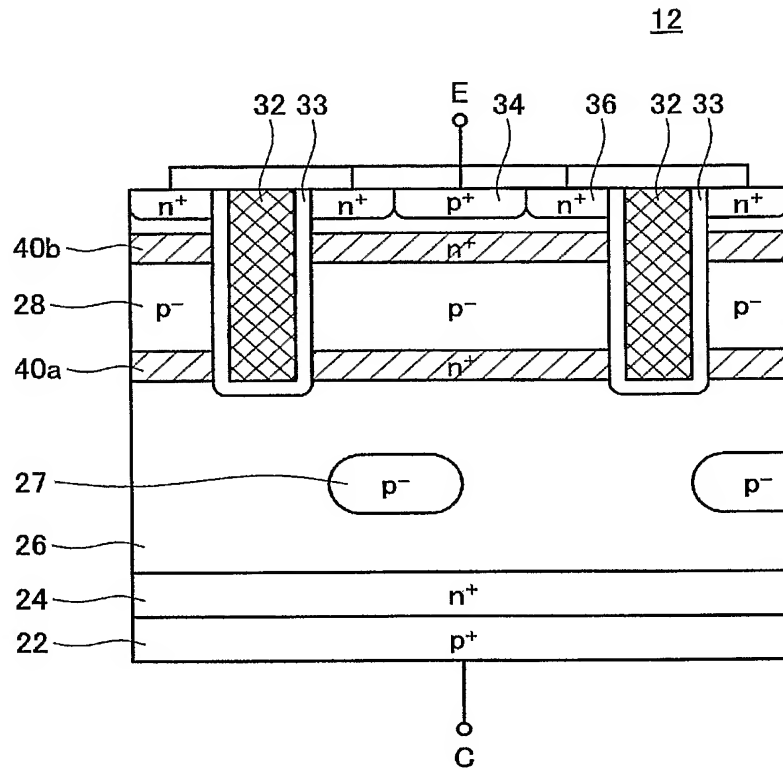
【圖 12】



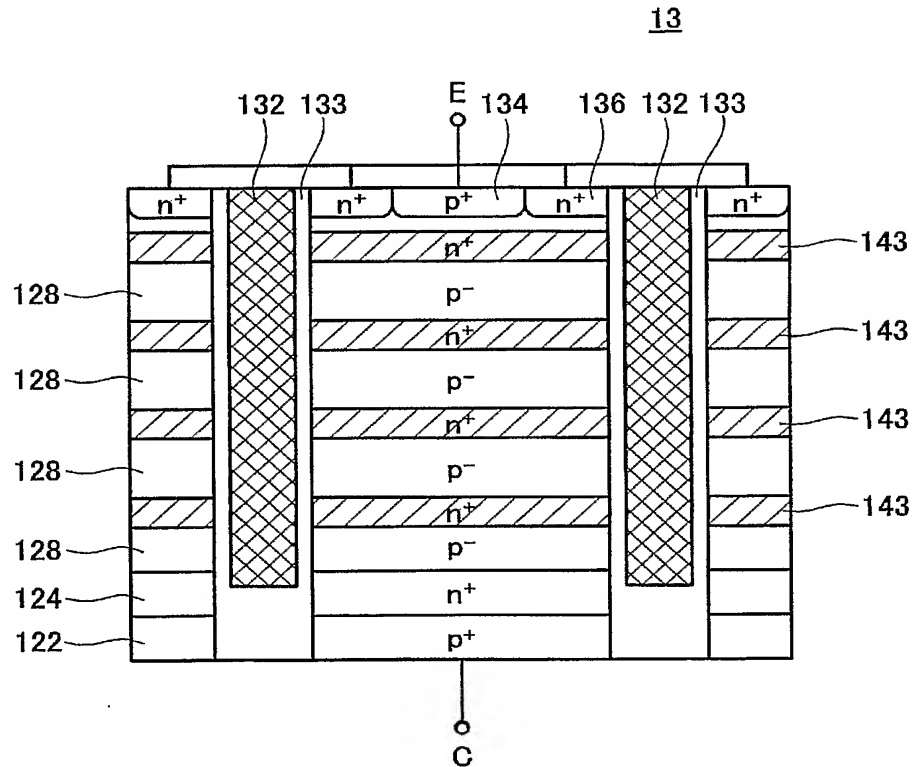
【図 13】



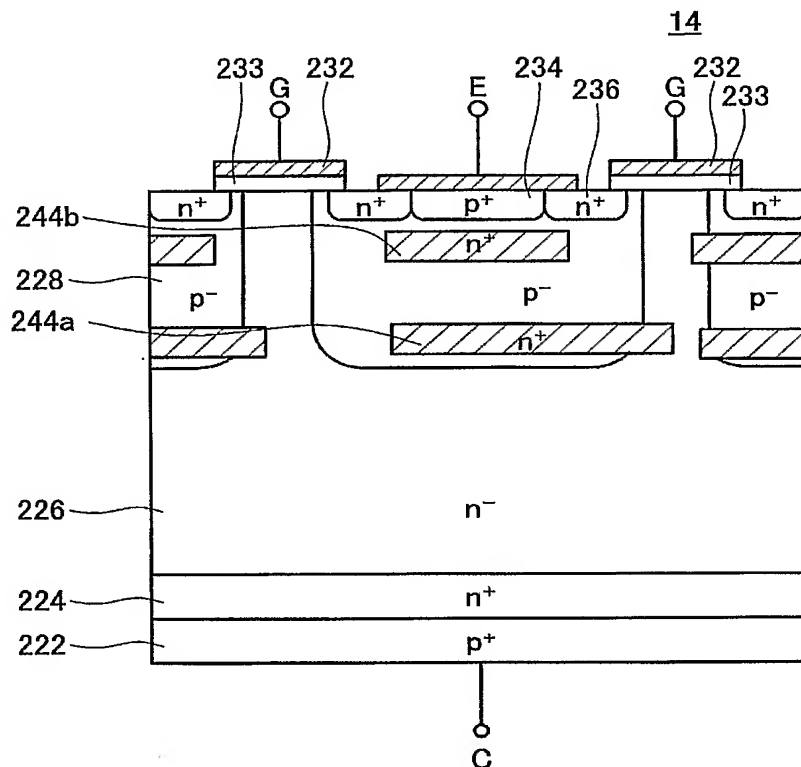
【図 14】



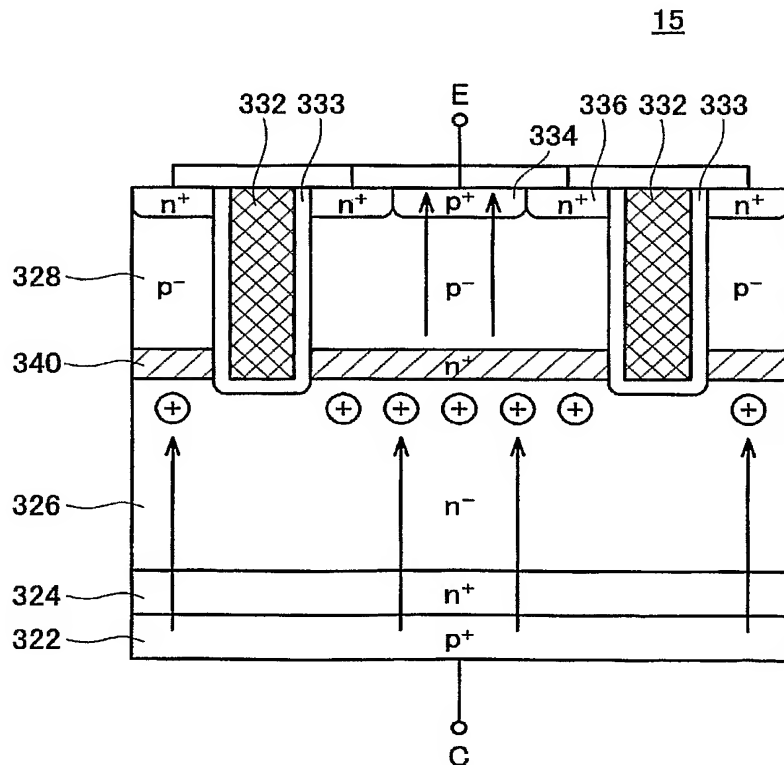
【図 15】



【図 16】



【圖 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 エミッタ・コレクタ電極間の正孔キャリア濃度を高くしてオン電圧を低減する

。【解決手段】 一対の主電極（エミッタ・コレクタ電極）と、その一対の主電極間を流れる電流のオン・オフを制御するトレンチゲート電極 3 2 を備えている I G B T (Insulated Bipolar Transistor) において、ボディ領域 2 8 とドリフト領域 2 6 の接合界面よりボディ領域 2 8 側に n 型のフローティング半導体領域が形成されていることを特徴としている。さらに、このフローティング半導体領域 4 0 がボディコンタクト領域 3 4 に接して形成されているのが好ましい。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 9 2 9 7 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 3 6 0 9 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 9 月 6 日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 4 1 番地の 1  
氏 名 株式会社豊田中央研究所

特願 2 0 0 4 - 0 9 2 9 7 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 3 2 0 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町1番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社